

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018810

International filing date: 16 December 2004 (16.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-420923
Filing date: 18 December 2003 (18.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2005 (17.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

20.12.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 1 8 日
Date of Application:

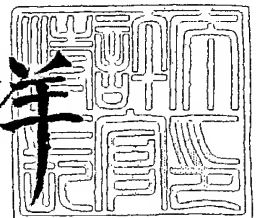
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 2 0 9 2 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 2 0 9 2 3]

出 願 人 ロ ー ム 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 2 月 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋





【書類名】 特許願
【整理番号】 03-00494
【提出日】 平成15年12月18日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 H01L 33/00
【発明者】
 【住所又は居所】 京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地 ローム株式会社内
 【氏名】 伊藤 範和
【発明者】
 【住所又は居所】 京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地 ローム株式会社内
 【氏名】 園部 雅之
【発明者】
 【住所又は居所】 京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地 ローム株式会社内
 【氏名】 中川 大輔
【特許出願人】
 【識別番号】 000116024
 【氏名又は名称】 ローム株式会社
 【代表者】 佐藤 研一郎
【代理人】
 【識別番号】 100098464
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 河村 洸
 【電話番号】 06-6303-1910
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 042974
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9910321

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

チッ化ガリウム系化合物半導体層の n 形層と p 形層とが発光部を形成するように積層された半導体積層部と、該半導体積層部の表面に設けられる透光性導電層と、該透光性導電層の一部が除去され、露出する前記半導体積層部の表面および前記透光性導電層と接触するように設けられる上部電極とを有し、前記透光性導電層の一部が除去されることにより露出する前記半導体積層部表面に電流阻止手段が施されることにより、前記上部電極と前記半導体積層部表面との密着性を確保しながら該上部電極の下側への電流が阻止される構造である半導体発光素子。

【請求項 2】

前記電流阻止手段が、前記透光性導電層の除去により露出する前記半導体積層部の表面に形成される凹部である請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】

前記電流阻止手段が、前記透光性導電層の除去により露出する前記半導体積層部の表面に形成される酸素含有層である請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】

基板表面に n 形層および p 形層を含み発光部を形成するようにチッ化ガリウム系化合物半導体層を積層することにより半導体積層部を形成し、該半導体積層部表面に透光性導電層を形成し、該透光性導電層の上部電極形成場所の一部をエッチングにより除去して前記半導体積層部の表面を露出させ、該エッチングにより一部露出した前記半導体積層部の表面を酸素プラズマ雰囲気中に晒すことにより該表面を電流阻止領域とし、該電流阻止領域とした前記半導体積層部の表面および前記透光性導電層の開口部近傍に密着するように上部電極を形成することを特徴とする半導体発光素子の製法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の製法において、前記酸素プラズマ雰囲気中に晒すことに代えて、ドライエッチングにより、前記露出した半導体積層部の表面に凹部を形成し、該凹部内の露出面および前記透光性導電層の開口部近傍に密着するように上部電極を形成することを特徴とする半導体発光素子の製法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子およびその製法

【技術分野】

【0001】

本発明は、チッ化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体発光素子に関する。さらに詳しくは、金属からなる上部電極と半導体積層部表面とのオーミックコンタクトを採り難いチッ化ガリウム系化合物半導体からなる半導体積層部表面に上部電極が密着性よく形成されると共に、電流がチップ全体に広がり、かつ、光を表面側に取り出すことができない上部電極の下側には電流を流さないで無駄な発光を阻止することができる構造の半導体発光素子およびその製法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のチッ化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体発光素子は、たとえば図5に示されるような構造に形成されている。すなわち、すなわち、サファイア基板21上に、たとえばGa₂Nからなるバッファ層22、Ga₂Nからなるn形層（コンタクト層およびクラッド層）23と、バンドギャップがクラッド層のそれよりも小さく、発光波長を定める材料、たとえばInGa₂N系（InとGaとの比率が種々変り得ることを意味する、以下同じ）化合物半導体からなる活性層（発光層）24と、p形のGa₂Nからなるp形層（クラッド層）25とが順次エピタキシャル成長され、その表面に、たとえばZnOなどからなる透光性導電層を介して、上部電極（p側電極）28が設けられている。そして、積層された半導体積層部の一部がエッチングにより除去されて露出するn形層23に下部電極（n側電極）29が設けられることにより形成されている。上部電極28は、たとえばTiおよびAuの積層構造、下部電極29は、Ti-Al合金を直接成膜するか、TiとAlをそれぞれ積層して熱処理（アニール処理）をすることにより、合金化されたTi-Al合金層からなり、共に金属層で形成されている。

【0003】

なお、n形層23およびp形層25は、キャリアの閉込め効果を向上させるため、少なくとも活性層24側に、AlGa₂N系（AlとGaの混晶比率が種々変化し得ることを意味する、以下同じ）化合物半導体を用いられることもある。また、チッ化ガリウム系化合物半導体では、p形層のキャリア濃度を大きくすることが難しく、活性化処理を行う必要性から、一般には半導体積層部の表面側にp形層が設けられることが多い。

【0004】

この構造で、p側電極28とn側電極29との間に電圧が印加されると、透光性導電層27を経てp形層25、活性層24およびn形層23を介して電流が流れ、活性層24で電子と正孔との再結合により発光する。しかし、チッ化ガリウム系化合物半導体層、とくにそのp形層は、キャリア濃度を十分に高くすることができず、電流をチップの全体に拡散し難い。そのため、図5に示されるように、p形層の表面に透光性導電層27が設けられ、光を透過させながら、電流をチップの全体に拡散し得るように形成されている。そして、この透光性導電層27の表面に、上部電極（電極パッド）28が形成されている。

【0005】

この構造では、透光性導電層27とp形層25との密着性および上部電極28と透光性導電層27との密着性が劣るため、上部電極28上にワイヤボンディングなどをすると透光性導電層27とp形層25との間に浮きが生じたり、上部電極28の部分が透光性導電層27の表面側または裏面側で剥離したりするという問題がある。このような問題を解決するため、たとえば上部電極28を設ける部分の透光性導電層27を除去して、直接p形層25と密着するように、すなわち透光性導電層27とp形層25との密着性より、上部電極28とp形層25との密着性が優れるような材料により上部電極28を設ける構造が提案されている（たとえば特許文献1参照）。

【特許文献1】 特開平7-94782号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前述のように、透光性導電層の表面に上部電極が形成されると、ワイヤボンディング時などに透光導電層の浮きや剥離という問題があると共に、上部電極の下側にも均等に電流が流れ、活性層で発光して上方に進む光は上部電極を透過することができず、吸収されたり反射を繰り返して無駄になり、発光した光を有効に利用することができないという問題がある。一方、透光性導電層の一部に開口部を形成し、その開口部に上部電極を形成しても、上部電極とp形層とのオーミックコンタクト性が劣るとはいえども、上部電極から直接p形層に電流が流れ、上部電極の下側でも発光し、上方に向かった光は上部電極で遮られ、無駄になるという問題がある。この傾向は、ワイヤボンディングなどにより透光性導電層とp形層との密着性が低下すると相対的に上部電極からp形層に流れる電流が増え、より顕著になる。

【0007】

一方、AlGaAs系化合物半導体やInGaAlP系化合物半導体の場合には、上部電極の下側に絶縁層を入れたり、異なる導電形層を設けたりして上部電極の下側にできるだけ電流を流さない工夫はなされている。しかし、チッ化ガリウム系化合物半導体では、絶縁膜成膜時および絶縁膜のドライエッチング時のプラズマによるダメージのため、上部電極形成場所以外の部分のオーミック接触性が悪化してしまい、同様の対策を施すことができない。

【0008】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたもので、チッ化ガリウム系化合物半導体からなる発光素子において、上部電極の下側での発光を抑制することにより外部量子効率を向上させると共に、上部電極と半導体層との密着性を良好に維持するチッ化ガリウム系化合物を用いた半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0009】

本発明の他の目的は、チッ化ガリウム系化合物半導体において、上部電極の下側のみに部分的に電流が流れ難くなる電流阻止手段を形成しながら、他の部分には影響をあたえないで、外部量子効率を向上させることができる半導体発光素子の製法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明による半導体発光素子は、チッ化ガリウム系化合物半導体層のn形層とp形層とが発光部を形成するように積層された半導体積層部と、該半導体積層部の表面に設けられる透光性導電層と、該透光性導電層の一部が除去され、露出する前記半導体積層部の表面および前記透光性導電層と接触するように設けられる上部電極とを有し、前記透光性導電層の一部が除去されることにより露出する前記半導体積層部表面に電流阻止手段が施されることにより、前記上部電極と前記半導体積層部表面との密着性を確保しながら該上部電極の下側への電流が阻止される構造に形成されている。

【0011】

ここにチッ化ガリウム系化合物半導体とは、III族元素のGaとV族元素のNとの化合物またはIII族元素のGaの一部または全部がAl、Inなどの他のIII族元素と置換したもの、および／またはV族元素のNの一部がP、Asなどの他のV族元素と置換したチッ化物化合物を意味する。また、上部電極とは、基板上に積層される半導体層のより上部の半導体層に接続して設けられる電極を意味する。

【0012】

前記電流阻止手段は、前記透光性導電層の除去により露出する前記半導体積層部の表面に形成される凹部であってもよいし、前記透光性導電層の除去により露出する前記半導体積層部の表面に形成される酸素含有層であってもよい。

【0013】

本発明による半導体発光素子の製法は、基板表面にn形層およびp形層を含み発光部を

形成するようにチッ化ガリウム系化合物半導体層を積層することにより半導体積層部を形成し、該半導体積層部表面に透光性導電層を形成し、該透光性導電層の上部電極形成場所の一部をエッチングにより除去して前記半導体積層部の表面を露出させ、該エッチングにより一部露出した前記半導体積層部の表面を酸素プラズマ雰囲気に晒すことにより該表面を電流阻止領域とし、該電流阻止領域とした前記半導体積層部の表面および前記透光性導電層の開口部近傍に密着するように上部電極を形成することを特徴とする。

【0014】

本発明による製法の他の形態は、前記酸素プラズマ雰囲気に晒すことに代えて、ドライエッチングにより、前記露出した半導体積層部の表面に凹部を形成し、該凹部内の露出面および前記透光性導電層の開口部近傍に密着するように上部電極を形成することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、チッ化ガリウム系化合物半導体からなり発光部を形成するように積層された半導体積層部の表面に透光性導電層が形成され、上部電極が形成される部分の透光性導電層が除去されて露出する半導体積層部表面に電流阻止手段が形成され、その露出した半導体積層部表面に密着するように上部電極が設けられているため、上部電極と半導体積層部との密着性を確保しながら、上部電極の下側への電流の流れを殆ど阻止することができ、発光しても表面側に取り出すことができない上部電極の下側での発光を阻止することができる。その結果、無駄な発光を阻止して、発光した光を効率的に外部に取り出すことができ、外部量子効率を大幅に向上させることができる。

【0016】

また、本発明の製法によれば、透光性導電層を半導体積層部表面に形成した後に、上部電極を形成する場所の透光性導電層を除去して半導体積層部を露出させ、酸素プラズマ雰囲気に晒しているため、酸素プラズマによる酸素がチッ化ガリウム系化合物半導体層表面に取り込まれ（酸化され）、非常に電流の流れ難い電流阻止領域が形成される。一方、透光性導電層が除去されていない上部電極の形成されない場所は、透光性導電層で被覆されており、透光性導電層は酸素プラズマに晒されても何ら影響を受けなため、透光性導電層からの電流に何らの影響を及ぼさない。すなわち、従来のGaAs系半導体発光素子で行われるように、電流を部分的に阻止するため、半導体層の導電形を部分的に変えたり、部分的に絶縁層を形成したりすると、部分的に絶縁膜などによるマスクを形成する必要がある、その成膜時やドライエッチングによる除去時などにより、電流を阻止する領域以外のオーミックコンタクト性を悪化させてしまうが、本発明の製法によれば、上部電極形成部以外の部分は透光性導電層により被覆された状態で、上部電極の形成場所のみに電流阻止手段を施しているため、上部電極形成場所以外の部分には何ら影響を及ぼすことがない。

【0017】

上記酸素プラズマに晒すだけではなく、ドライエッチングにより露出した半導体積層部表面をエッチングすることにより、ドライエッチングのA_rイオンなどにより半導体積層部の表面が荒らされ、同様に電流を大幅に阻止することができる。この場合も、上部電極形成場所以外の半導体積層部表面は透光性導電層により被覆されており、Ni-Au、ZnOなどからなる透光性導電層はGa_n系化合物よりエッチングされにくいいため、半導体積層部には何ら影響を受けることなく、上部電極の下側のみに電流阻止手段を施すことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

つぎに、本発明の半導体発光素子およびその製法について、図面を参照しながら説明をする。本発明による半導体発光素子は、その一実施形態の斜視および断面の説明図が図1に示されるように、チッ化ガリウム系化合物半導体のn形層3とp形層5とが発光部を形成するように積層されて半導体積層部6が形成され、その半導体積層部6の表面に透光性

導電層 7 が設けられている。この透光性導電層 7 の一部が除去され、露出する半導体積層部 6 の表面および透光性導電層 7 と接触するように上部電極（電極パッド）8 が設けられている。本発明では、透光性導電層 7 の一部が除去され、開口部 7 a から露出する半導体積層部 6 の表面に電流阻止手段 10（10 a）が施されていることにより、上部電極 8 と半導体積層部 6 の表面との密着性を確保しながら上部電極 8 の下側への電流が大幅に阻止される構造に形成されている。

【0019】

電流阻止手段 10 としては、透光性導電層 7 の除去により露出する半導体積層部 6 の表面に形成される凹部 10 a であってもよいし、図 2 に示されるように、透光性導電層 7 の除去により露出する半導体積層部 6 の表面に形成される酸素含有層 10 b であってもよい。

【0020】

本発明者らは、p 形チッ化ガリウム系化合物半導体層表面をドライエッチングしたり、酸素プラズマ雰囲気中に晒したりすると、その表面に形成した金属膜間の電流が流れ難くなる現象を見出し、その検証を行った。すなわち、図 3（a）に示されるように、p 形 GaN 層 11 の表面に直接 ZnO のような p 形 GaN 層とオーミックコンタクトを採りやすい導電層により一対の電極 12、13 を形成した場合と、図 3（b）に示されるように、p 形 GaN 層 11 の表面をドライエッチングにより数十 nm の深さエッチングして凹部 11 a を形成した場合との両方で、一対の電極 12、13 間に電圧 V を印加して電圧の変化に対する電流の変化を調べた。その結果、図 3（c）に示されるように、p 形 GaN 層 11 表面にエッチングを施すことなく電極 12、13 を形成した場合 A は電圧電流特性がリニアで、電圧の増加と共に電流が増加するのに対して、p 形 GaN 層 11 の表面にドライエッチングを施した後に電極 12、13 を形成した場合 B の電圧電流特性は、3～5 V 程度までの低い電圧では殆ど電流が流れず、非線形の特性になることを見出した。

【0021】

なお、一対の電極 12、13 にするために ZnO などの導電層をパターンニングする必要があるが、そのエッチング液は希塩酸などであり、GaN 層 11 表面は殆どダメージがなく、影響を受けないため、図 3（c）の A のように殆どオーミックコンタクトが得られている。すなわち、電極 12、13 と p 形 GaN 層 11 との間の電氣的接触の差が図 3（c）に現れている。

【0022】

この原因は、ドライエッチングの際の Ar イオンなどによる衝撃により、p 形 GaN 層 11 の結晶構造がダメージを受け、キャリアの移動が抑制されるものと考えられる。これは、p 形のチッ化ガリウム系化合物半導体層のキャリア濃度を上げ難いという性質とも絡んで、より顕著に現れるもので、GaAs 系（AlGaAs 系や InGaAlP 系）化合物半導体などでは見られないチッ化ガリウム系化合物半導体層に特有の現象と考えられる。この電極と p 形 GaN 層との電氣的接触性は、イオン衝撃によるドライエッチングではなく、p 形 GaN 層 11 の表面を酸素プラズマ雰囲気中に晒すだけでも同様の現象が見られた。すなわち、p 形 GaN 層 11 の表面を酸素プラズマ雰囲気中に 30 分間晒した後に、図 3（b）と同様に ZnO 層により一対の電極を形成して、その一対の電極間に同様に電圧を印加した結果、図 3（c）の B と同様の結果になった。これは、ドライエッチングのようにイオン衝撃を受けるものではないが、雰囲気中の酸素が GaN 層に採り込まれ、酸素と化合する Ga が現われ、キャリアの移動を抑制するものと考えられる。

【0023】

本発明は、この現象を利用し、透光性導電層を一部除去することにより露出した、半導体積層部表面に直接接触するように上部電極（電極パッド）を形成すると共に、その上部電極と接触する部分の半導体積層部表面に前述の非オーミックコンタクトとなる電流阻止手段 10 を形成したものである。すなわち、従来の GaAs 系化合物で行われるように、電流を阻止したい場所に絶縁物層や周囲の導電形と異なる導電形層を形成する方法をチッ化ガリウム系化合物半導体、とくに p 形チッ化ガリウム化合物半導体層に適用しようとす

ると、電流を阻止したい場所以外の p 形半導体層などの表面の導電性を低下させ、表面に透光性導電層を形成しても透光性導電層と半導体層とのオーミックコンタクトが得られないという問題がある。しかし、本発明の電流阻止手段によれば、透光性導電層を形成した後に電流を阻止したい上部電極形成場所のみの透光性導電層を除去して半導体積層部の表面を露出させ、そのままの状態ですの表面に電流阻止手段が形成されているため、上部電極と半導体積層部表面とが非オーミックコンタクトとなり、上部電極の下側のみの電流が阻止され、他の部分は非常に良好なオーミックコンタクトが得られる。

【0024】

図 1 に示される例は、上部電極 8 の形成場所における透光性導電層 7 が除去されて開口部 7 a が形成され、その開口部 7 a により露出した半導体積層部 6 の表面にドライエッチングによる凹部 10 a が電流阻止手段 10 として形成されている。すなわち、透光性導電層 7 も含めた全面に Ar イオンと Cl₂ ガスとによるドライエッチングが施されることにより、透光性導電層 7 およびその下部の半導体積層部 6 には何ら影響がなく、開口部 7 a から露出した半導体積層部 6 の表面のみが 10 ~ 50 nm 程度エッチングされて凹部 10 a が形成される。そして、この凹部 10 a 内および開口部 7 a 周囲の透光性導電層 7 上部にかかるように、上部電極（電極パッド）8 が、たとえば 0.01 ~ 0.05 μm 程度厚の Ti 層と 0.2 ~ 1 μm 程度厚の Au 層との積層構造により形成されている。この凹部 10 a の表面は、前述の図 3 (c) の B に示されるように、電極材料とは非常にオーミック特性が低下し、殆ど電流が流れなくなる。

【0025】

この電流阻止手段 10 は、前述のように、ドライエッチングによる凹部 10 a の形成でなくとも、酸素プラズマ雰囲気中に晒すことにより、酸素が採り込まれた層（酸化層）を形成することによっても得られる。その例が図 2 に示されている。図 2 において、10 b が酸素プラズマ中に半導体積層部 6 の表面を晒した結果生じた酸化層を示しており、前述と同様に、上部電極 8 の形成場所における透光性導電層 7 を開口して半導体積層部 6 の一部を露出させ、たとえば酸素（O₂）ガスの雰囲気中で、200 W ~ 400 W で 5 ~ 30 分程度放置することにより、半導体積層部 6 の露出面の表面部に酸化層 10 b が形成され、電流阻止手段 10 として機能する。他の上部電極 8 の形成などは前述の図 1 に示される例と同じである。

【0026】

この電流阻止手段 10 を介して上部電極 8 が直接半導体積層部 6 の表面に設けられる構造以外の部分は、従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造と同様に形成することができる。図 1 に示される例では、基板 1 として、C 面を主面とするサファイア（Al₂O₃ 単結晶）基板が用いられるが、これに限定されず、他の面を主面とするサファイア基板であってもよい。また、基板 1 は、絶縁性基板でもよいが、炭化ケイ素（SiC）、GaN、GaAs、Si などの半導体基板を用いることもできる。基板 1 として絶縁性基板が用いられる場合には、基板の裏面から電極を取り出すことができないため、後述するように半導体積層部 6 の一部をエッチング除去して下層の導電層（図 1 の例では n 形層 3）を露出させる必要がある。

【0027】

半導体積層部 6 は、図 1 に示される例では、バッファ層 2、n 形層 3、活性層 4、p 形層 5 とからなっている。バッファ層 2 は、基板と積層する半導体層との格子定数が大きく異なるとか、基板 1 上に直接窒化ガリウム系化合物半導体層を結晶性よく積層し難い状態のときに設けられるもので、そのような問題がなければ不要である。たとえば Al_xGa_yIn_{1-x-y}N（0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1、0 ≤ x + y ≤ 1、たとえば x = 1、y = 0）などの組成で、400 ~ 600 °C 程度の低温で形成される。そして、発光層を形成する積層部は、図 1 に示される例では、活性層 4 を n 形層 3 と p 形層 5 とで挟持するダブルヘテロ接合構造としているが、このような構造には限定されず、ホモまたはシングルヘテロの pn 接合で構成したものでもよい。この発光層を形成する半導体層は、700 ~ 1000 °C 程度の高温で形成される。また、一般には p 形層の活性化のため p 形層が上面側に形成

される場合が多いが、p 形層が下層で n 形層が上層でも構わない。

【0028】

n 形層 3 および p 形層 5 は、図 1 に示される例では、それぞれ単層の例が示されているが、一般的には、たとえば電極形成部には、コンタクト層としてキャリア濃度を大きくしやすい GaN 層で形成し、活性層側にはキャリアを閉じ込めやすくするため、活性層 4 よりもバンドギャップの大きい AlGaIn 系化合物で構成する場合が多く、さらに他の機能をもたすために多層にすることもできる。また、格子定数の異なる層を積層するため、超格子構造にすることもできる。しかし、これらの機能を満たす単層で形成されてもよい。また、各層の厚さもそれぞれ目的に応じて形成されるが、たとえば n 形層 3 としては、全体で $3 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度に、p 形層 5 としては、全体で $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度に形成される。なお、n 形層 3 にするには、一般には Se、Si、Ge、Te などを、また、p 形層 5 にするには、Mg、Zn などをドーパントとして窒化ガリウム系化合物半導体にドーピングすることにより得られる。

【0029】

この p 形層 5 は、p 形ドーパントの Mg などが水素 (H) と化合してドーパントとしての機能を果し難いため、活性化処理が行われることが好ましい。この活性化処理は、たとえば N_2 雰囲気中で、 $600 \sim 800^\circ\text{C}$ 、10 分～1 時間程度の熱処理により行われるが、このような熱処理に限られるものではなく、電子線照射などの方法で行ってもよい。この活性化処理の際に、p 形層表面には保護膜を形成して行うこともできるし、保護膜なしで行うこともできる。

【0030】

活性層 4 は、発光させる光の波長に応じたバンドギャップエネルギーを有する材料が選択され、たとえば波長が $460 \sim 470 \text{ nm}$ の青色発光をさせる場合、 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなるバルク構造のもの、または InGaIn からなるウェル層と GaN からなるバリア層との単一もしくは多重の量子井戸構造に形成され、全体で $0.01 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 程度に形成される。活性層 4 はノンドープで形成されるが、p 形もしくは n 形でも構わない。

【0031】

透光性導電層 7 は、たとえば Ni と Au を積層して合金化し $2 \sim 100 \text{ nm}$ 程度の厚さに形成されたものや、ZnO 層、または ITO 層などの光を透過しながら、チップの全面に電流を拡散しやすいように導電性で、かつ、p 形層 5 とのオーミックコンタクトを得やすい材料により形成される。ZnO 層や ITO 層は、厚くても透光性があるため、たとえば $0.3 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度の厚さに形成される。図 1 に示される例では、ZnO 層が $0.3 \mu\text{m}$ 程度の厚さで透光性導電層 7 として形成されている。

【0032】

上部電極 8 は、図 1 に示される例では半導体積層部 6 の上面側が p 形層 5 であるため、p 側電極として形成されており、たとえば Ti/Au、Pd/Au または Ni/Au などの積層構造で、全体として $0.2 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度の厚さに形成され、下部電極 9 (n 側電極) は、たとえば Ti-Al または Ti-Au などの合金層で、全体として $0.2 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度の厚さに形成される。

【0033】

つぎに、図 1 に示される半導体発光素子の製法について、図 4 を参照しながら説明をする。まず、基板 1 を、たとえば MOCVD (有機金属化学気相成長) 装置内にセッティングし、成長する半導体層の成分ガス、たとえばトリメチルガリウム (TMG)、トリメチルアルミニウム (TMA)、トリメチルインジウム (TMI)、アンモニアガス (NH_3)、n 形ドーパントガスとしての H_2Se 、 SiH_4 、 GeH_4 、 TeH_4 のいずれか、また、p 形ドーパントガスとしてのジメチル亜鉛 (DMZn) もしくはビスエチルシクロペンタジエニルマグネシウムのうちの必要なガスをキャリアガスの H_2 または N_2 と共に導入し、図 4 (a) に示されるように、たとえば GaN からなるバッファ層 2 を $400 \sim 600^\circ\text{C}$ 程度で $0.01 \sim 0.03 \mu\text{m}$ 程度堆積する。ついで、 $2 \sim 10 \mu\text{m}$ 厚の n 形 GaN 系層と $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 厚の n 形 AlGaIn 系層からなる n 形層 3、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 厚の

InGa_N系からなる活性層4、および0.05~0.4 μm厚のp形AlGa_N系層と0.05~0.5 μm厚のp形Ga_N系層からなるp形層5とをそれぞれ順次エピタキシャル成長することにより、半導体積層部6を形成する。

【0034】

その後、N₂雰囲気中で、600~800℃、30分程度の熱処理を行ってp形層5の活性化処理を行う。ついで、真空蒸着法またはスパッタ法などにより、ZnO層を0.4~1 μm程度成膜し、透光性導電層7を形成する。そして、下部電極(n側電極)9を形成するため、塩素ガスによる反応性イオンエッチングにより、チップの一部における半導体積層部6をエッチングしてn形層3の一部を露出させる。この際、図1(a)に示されるように、各チップに分割する境界部の近傍の半導体積層部6もエッチングする場合もあるが、境界部のエッチングはしなくてもよい。その後、表面にレジスト膜を設けて、上部電極(p側電極)を形成する場所のみ開口し、希塩酸などのエッチング液により、レジスト膜の開口により露出する透光性導電層7の一部を除去して、透光性導電層7に開口部7aを形成する。そして、そのままArとCl₂ガスによるドライエッチングを行うことにより、開口部7aから露出する半導体積層部6表面に凹部10aを形成する。この凹部10aの深さは、数十nm程度である。

【0035】

その後、たとえばリフトオフ法によりTi膜を0.1 μm程度と、Au膜を0.4 μm程度それぞれ真空蒸着などにより成膜して上部電極8を、同様にTi膜を0.1 μm程度とAl膜を0.3 μm程度成膜してシンターすることにより合金化して下部電極(n側電極)9を形成する。この上部電極8および下部電極9は、ワイヤボンディングなどによりリード端子などと接続する電極パッドである。そして、チップ化することにより、図1に示される発光素子チップが得られる。

【0036】

図2の構造の半導体発光素子を製造するには、前述の透光性導電層7に開口部7aを形成した後に、ドライエッチングを行わないで、そのまま酸素プラズマ雰囲気中に10~30分程度晒すだけで、後の工程は前述の製造工程と全く同様に行えばよい。

【0037】

本発明の半導体発光素子によれば、上部電極が透光性導電層の一部が除去されて露出する半導体積層部表面に密着すると共に、透光性導電層にも密着して設けられ、かつ、上部電極と半導体積層部表面との接触部に電流阻止手段が形成されているため、上部電極と半導体積層部とは強力に固着されながら、電気的には非オーミックコンタクトとなる。その結果、上部電極8と下部電極9との間に電圧が印加されると、上部電極8の下側には殆ど電流が流れないで、透光性導電層7を経て周囲の半導体積層部に電流が流れる。そのため、上部電極8の下側の活性層では殆ど発光作用が起らない。すなわち、上部電極の下側で発光して、真上に向かう光は上部電極が金属膜で光を透過させないため無駄になってしまいが、本発明によれば、上部電極の下側での発光は殆ど起らない。その結果、発光する光は有効に取り出しやすく、外部に取り出し難い光は発光そのものを抑制しているため、無駄な電流を使うことがなく、外部量子効率を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明による半導体発光素子の斜視および断面の平面説明図である。

【図2】図1の半導体発光素子の電流阻止手段の他の例を示す断面説明図である。

【図3】Ga_N層表面をドライエッチングしたときの電圧(V)・電流(I)特性が低下する様子を示す図である。

【図4】図1の半導体発光素子の製造工程を示す図である。

【図5】従来の半導体発光素子の一例を示す断面説明図である。

【符号の説明】

【0039】

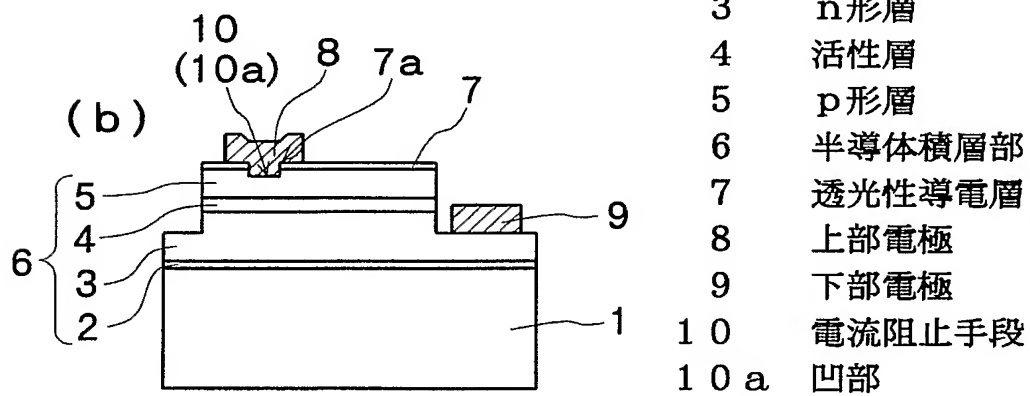
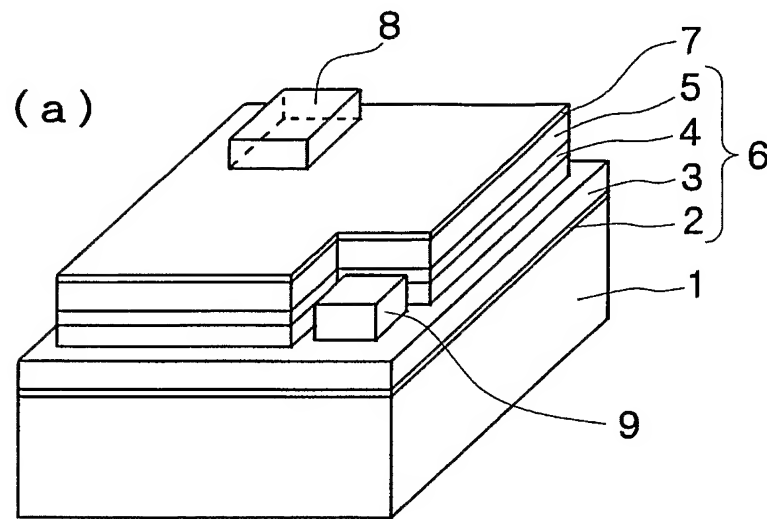
3 n形層



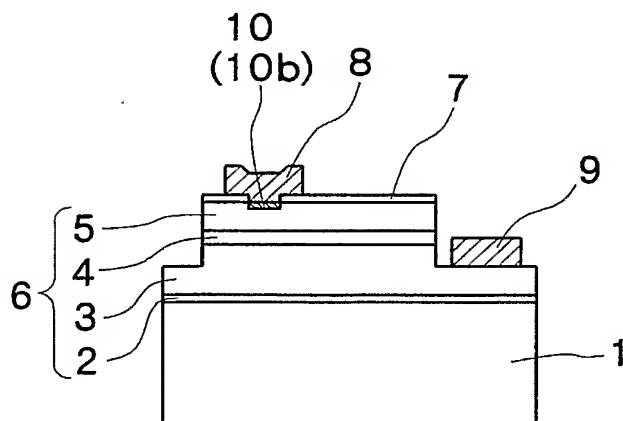
- 4 活性層
- 5 p 形層
- 6 半導体積層部
- 7 透光性導電層
- 8 上部電極
- 9 下部電極
- 1 0 電流阻止手段
- 1 0 a 凹部

【書類名】 図面

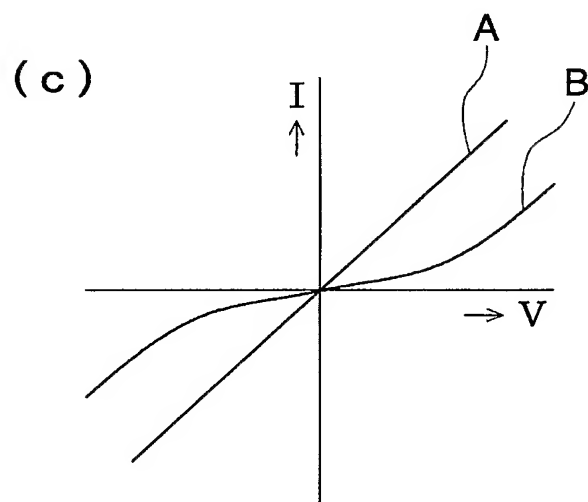
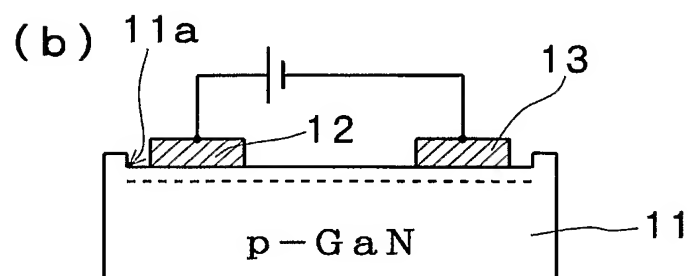
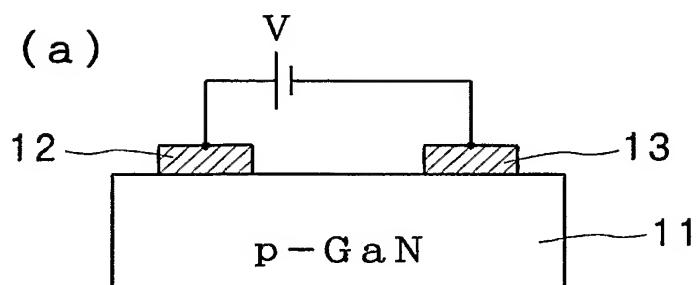
【図 1】



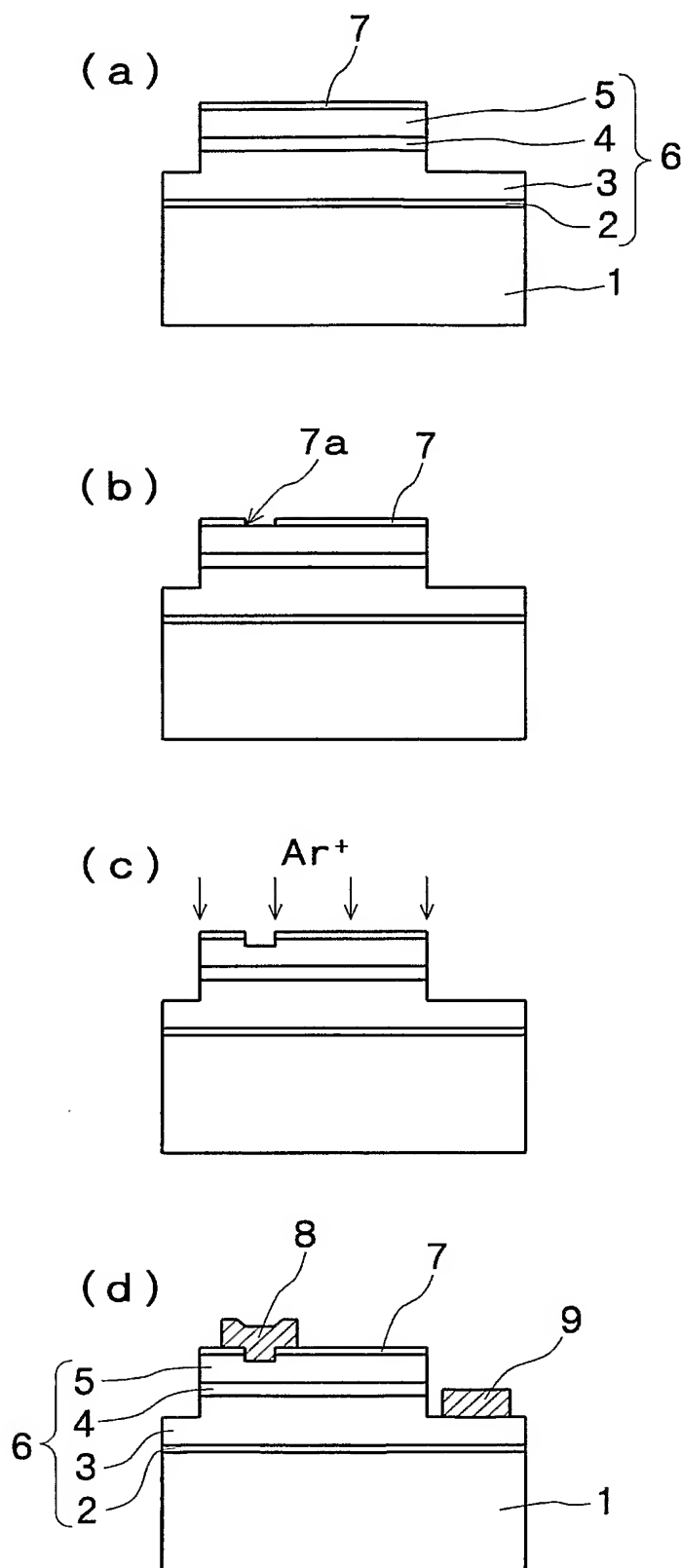
【図 2】



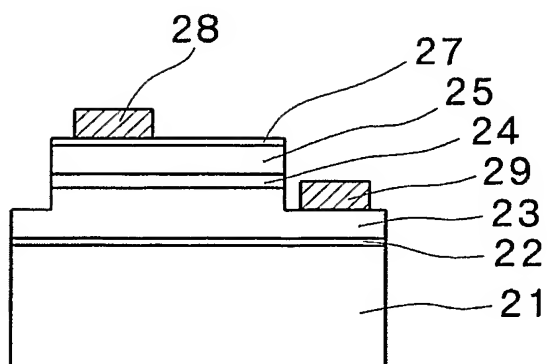
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 チッ化ガリウム系化合物半導体からなる発光素子において、上部電極の下側での発光を抑制することにより外部量子効率を向上させると共に、上部電極と半導体層との密着性を向上させたチッ化ガリウム系化合物を用いた半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 チッ化ガリウム系化合物半導体層の n 形層 3 と p 形層 5 とが発光部を形成するように積層されて半導体積層部 6 が形成され、その半導体積層部 6 の表面に透光性導電層 7 が設けられている。この透光性導電層 7 の一部が除去され、露出する半導体積層部 6 の表面および透光性導電層 7 と接触するように上部電極 8 が設けられている。透光性導電層 7 の開口部 7 a から露出する半導体積層部 6 の表面に電流阻止手段 1 0 が施されていることにより、上部電極 9 と半導体積層部 6 の表面との密着性を確保しながら上部電極 8 の下側への電流が大幅に阻止される構造に形成されている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 4 2 0 9 2 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 6 0 2 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地

氏 名

ローム株式会社